DIE NATURWISSENSCHAFTEN

24. Jahrgang | 12. Juni 1936 | Heft 24

Zur Erinnerung an Ch. A. Coulomb und an A. M. Ampère.

Von GUSTAV MIE, Freiburg i. Br.

Genau 200 Jahre sind vergangen seit der Geburt von CHARLES AUGUSTIN COULOMB, am 14. Juni 1736, und 100 Jahre seit dem Tode von ANDRÉ MARIE AMPÈRE, am 10. Juni 1836. Das Jahrhundert zwischen beiden Ereignissen umfaßt die kraftvolle Jugendzeit der mathematischen und physikalischen Wissenschaften. Damals schufen die großen Mathematiker EULER, die drei BERNOULLI, D'ALEMBERT, LAGRANGE die Grundlagen der modernen Mathematik, mit LAVOISIER begann die Chemie eine exakte Wissenschaft zu werden, WATT baute die Dampfmaschine, VOLTA erfand die elektrischen Ketten und Batterien. Es war das Zeitalter der Aufklärung. Der europäische Mensch lebte noch in der angenehmen Einbildung, daß er durch rationelle Methoden, die man auch geradezu „geometrische" oder „mathematische" Methoden nannte, in die verborgensten Geheimnisse eindringen und wahre gesicherte Wissenschaft erlangen könne. Diese Geisteshaltung war für die Entwicklung der Physik und der Mathematik gerade günstig, sie hat die Ausbildung der wissenschaftlichen Methoden und der grundsätzlichen Auffassungen, auf denen die Physik sich aufbaut, gefördert. Es ist kein Zufall, daß damals Frankreich gewissermaßen das geistige Zentrum Europas war. Die Auffassungsweise der Aufklärung liegt dem französischen Geist besonders nahe. Der französischen Sprache fehlt der tiefe geheimnisvolle Klang, den die Worte der deutschen Sprache haben, und der uns immer wieder an die letzten und tiefsten Fragen erinnert, welche niemals durch rationelle Methoden gelöst werden können. Ihr Ideal ist die einfache durchsichtige Klarheit, die „clarté", die „élégance".

In der Physik tritt uns als eine spezifische Folge der Denkweise der Aufklärung die Idee der unmittelbaren Wirkung in die Ferne entgegen, welche trotz des Einspruches des großen Mathematikers EULER in der Wissenschaft des 18. Jahrhunderts unumschränkt herrschte. Sie entsprang aus den Forschungen NEWTONS über die Gravitationswirkungen. Es ist bekannt, daß NEWTON selber von der Auffassung der Schwerkraft als einer unmittelbaren Wirkung in die Ferne keineswegs befriedigt war. Er war sich sehr wohl des dahinter verborgenen Geheimnisses bewußt. Aber sein Bestreben, „keine Hypothesen zu fingieren", führte ihn dazu, daß er es aufgab, über einstweilen doch nicht lösbare Fragen zu grübeln, und daß er das Gesetz der Schwerkraft so formulierte, *als ob* sie eine Fernewirkung sei. In der folgenden Zeit aber galt die Fernewirkungstheorie in ihrer einfachen Klarheit, die sie für die mathematische Analyse so wunderbar geeignet machte, als letzte Erkenntnis, und man verlor das Rätsel, das sie in sich birgt, völlig aus den Augen.

Der Mann, welcher die Fernewirkungstheorie in der Elektrik zur höchsten Vollendung führte, war CH. A. COULOMB. Wie so manche französische Gelehrte der damaligen Zeit vom Militär herkommend, war er noch zur Zeit des Höhepunktes seines wissenschaftlichen Schaffens ein hochgestellter Ingenieur-Offizier; erst beim Ausbruch der Revolution zog er sich in das Privatleben zurück; er starb im Jahre 1806. Seine wichtigsten experimentellen Untersuchungen sind in den Jahren 1785 und 1786 ausgeführt worden. Er hat durch sie festgestellt, daß sowohl die Kraftwirkung zweier sehr kleiner, elektrisch geladener Körperchen aufeinander, als auch die zweier als punktförmig anzusehender Magnetpole proportional dem reziproken Quadrat ihrer Entfernung abnehmen, daß beide Kräfte also demselben Gesetz folgen, welches NEWTON für die Schwerkraft gefunden hatte. Die Arbeiten COULOMBS zeichnen sich durch eine vollendete Kunst des Experimentierens aus, kein anderer hätte damals die gleiche Sicherheit und Präzision in diesen subtilen Messungen erreichen können wie er.

Die Entdeckungen COULOMBS bedeuteten einen Triumph der Fernewirkungstheorie. Sie führten dazu, daß man in den elektrisch geladenen Körpern und in den Magnetpolen eigentümliche Stoffe oder Fluida annahm, die in derselben Weise Fernewirkungen hervorbrächten wie der gewöhnliche greifbare Stoff die Schwerewirkungen. Jede dieser drei Kraftwirkungen ist von den anderen beiden spezifisch verschieden, insofern auf jede von ihnen ein anderes Fluidum reagiert. Die von einem elektrischen Fluidum ausgehende Fernkraft wirkt nur auf ein anderes elektrisches Fluidum, nicht auf die gewöhnliche Materie, nicht auf ein magnetisches Fluidum. Das entsprechende gilt von der Fernewirkung des magnetischen Fluidums. Die von der gewöhnlichen Materie ausgehende Schwerkraft wirkt nur auf Körper aus gewöhnlicher Materie, weder ein elektrisches noch ein magnetisches Fluidum erfährt Schwerewirkungen, sie sind *Imponderabilien.* Da es zwei elektrische und zwei magnetische Fluida gibt, die man jeweils als positiv und negativ voneinander unterscheidet, so hat man in der Elektrik schon vier verschiedene imponderabile Fluida anzunehmen. Dazu kommt ein weiteres, das in der Optik untersucht wird: der von den leuchtenden Körpern in den Raum ausgestrahlte Lichtstoff, und noch eines, das in der Wärmelehre auftritt: der in den erwärmten Kör-

pern aufgespeicherte Wärmestoff. Die Physik um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert glaubt also, nicht weniger als sechs verschiedene Arten imponderabiler Stoffe zu kennen.

Aber schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts kommt dieses eigentümliche Weltbild ins Schwanken. Zuerst wurde die Existenz des Wärmestoffs durch die Versuche des Grafen RUMFORD höchst zweifelhaft gemacht, welcher zeigte, daß man durch Reibung in einem Körper Wärme in unbegrenzter Menge ohne Unterbrechung oder Pause und ohne jegliches Zeichen von Abnahme oder Erschöpfung erzeugen kann. Bald darauf wurde von TH. YOUNG gezeigt, daß die Emissionstheorie des Lichtes die Interferenzerscheinungen nicht erklären könne, und daß das Licht ähnlich wie der Schall in einer Art von Wellen bestehen müsse. Dieser Auffassung verhalfen die glänzenden Experimente von A. J. FRESNEL, die im Jahre 1815 begannen, zum endgültigen Siege. Den schwersten Schlag versetzten der Lehre von den Imponderabilien aber die Untersuchungen AMPÈRES über die elektrodynamischen Kräfte.

ANDRÉ MARIE AMPÈRE, geboren im Jahre 1775 in Lyon als Sohn eines Kaufmanns, wurde in ländlicher Einsamkeit groß, auf einer kleinen Besitzung seines Vaters in der Nähe von Lyon, in welche sich seine Eltern bald nach seiner Geburt zurückgezogen hatten. Schon als Knabe legte er hier den Grund zu einem erstaunlich vielseitigen Wissen, das man später an ihm bewunderte, indem er die große Enzyklopädie von D'ALEMBERT und DIDEROT, alle zwanzig Bände, Wort für Wort gründlich durcharbeitete. Für Mathematik hatte er von frühester Jugend an besonderes Interesse, er las ohne Anleitung schwierige mathematische Werke. Durch die Veröffentlichung mathematischer Untersuchungen zog er als junger Mann die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf sich, und er wurde im Jahre 1808 als Repetent an die école polytechnique in Paris berufen, wo er einige Jahre später Professor wurde. Im Jahre 1813 wurde er dann auch Mitglied der Pariser Akademie. Er war eine zarte, stille Gelehrtennatur und litt unter den aufregenden politischen Ereignissen, die sich während seines Lebens abspielten. Als sein Vater im Jahre 1794 als Opfer der Revolution hingerichtet wurde, verfiel der junge AMPÈRE in einen Zustand völliger Apathie und Geistesabwesenheit, aus dem er erst nach Ablauf eines ganzen Jahres wieder erwachte. Als alter Mann wünschte er, daß auf seinem Grabe die Inschrift stünde: „Tandem felix".

Die grundlegenden Arbeiten AMPÈRES über die elektrodynamischen Kräfte schlossen sich unmittelbar an die Entdeckung OERSTEDS von der magnetischen Kraftwirkung eines elektrischen Stromes an, die damals einen wahren Sturm in der Gelehrtenwelt hervorgebracht hatte. Am 11. September 1820 hatte ARAGO der Pariser Akademie die Experimente OERSTEDS vorgeführt, die er selber soeben in Genf durch DE LA RIVE kennengelernt hatte. Eine Woche später, am 18. September, trat AMPÈRE schon mit seinen Versuchen hervor, durch die er die Kraftwirkungen zweier Stromleiter aufeinander nachwies. Er zeigte, daß gleichgerichtete Ströme sich anziehen, entgegengesetzt gerichtete sich abstoßen. Er eliminierte sozusagen den Magneten aus den Versuchen und führte deswegen für das, was man heute wieder „magnetische Kräfte" nennt, damals die Bezeichnung „elektrodynamische Kräfte" ein. Insbesondere zeigte er, daß man auch die Kraftwirkung eines Magnetstabes elektrodynamisch erklären kann. Man muß dazu annehmen, daß die kleinsten Teilchen des Magneten von Strömen umkreist sind, den *Ampèreschen Molekularströmen*. Diese Theorie der Magnete hat sich späterhin, und ganz besonders in der neuesten Entwicklung der Physik, als von ungeheurer Tragweite erwiesen. Damals, zu AMPÈRES Lebzeiten, sah man als die wichtigste Folgerung aus seinen Versuchen an, daß sich durch sie die Existenz der beiden magnetischen Fluida als unmöglich erwies. Damit war der Auffassung der Kraft als einer von einem Fluidum ausgehenden Fernewirkung überhaupt ein schwerer Stoß versetzt. Es ist sehr charakteristisch für das menschliche Denken, daß nun AMPÈRE als Anhänger der Fernewirkungsvorstellung selber diesen Stoß zu parieren versuchte. Er widmete die Jahre 1820 bis 1822 ganz der näheren quantitativen Untersuchung der elektrodynamischen Kräfte und kam dadurch schließlich zu dem erwünschten Ziel. Es gelang ihm, ein Elementargesetz aufzustellen für die von einem Stromelement auf ein anderes ausgeübte Fernkraft, aus welchem sich rechnerisch die ganze Kraft zweier Stromleiter aufeinander stets in Übereinstimmung mit der zu beobachtenden Kraft ergibt, wenn man einfach die Kräfte der einzelnen Stromelemente alle summiert. Dieses AMPÈRESche Elementargesetz für die elektrodynamischen Kräfte zwischen Strömen ist dem COULOMBschen Elementargesetz für die elektrostatischen Kräfte zwischen Ladungen sehr ähnlich, und die Fernewirkungstheorie schien gerettet zu sein. Man muß nur annehmen, daß ein und derselbe imponderable Stoff, das elektrische Fluidum, sobald er bewegt ist, noch eine zweite Fernewirkung hat, die elektrodynamische Kraft, welche von der ihm an und für sich schon zukommenden Fernewirkung, der elektrostatischen Kraft, spezifisch verschieden ist. Aber gerade diese erkünstelte Annahme bringt uns die ganze Schwäche der Fernewirkungsvorstellung erst recht zum Bewußtsein, und in der Tat war die Zeit schon nahe, wo die Fernewirkungstheorie ganz aus der Wissenschaft beseitigt werden sollte.

Zur gleichen Zeit, in welcher AMPÈRE seine großartigen Untersuchungen über die elektrodynamischen Kräfte durchführte, begann auf der anderen Seite des Kanals MICHAEL FARADAY seine Arbeiten auf dem gleichen Gebiet. Er befreite die Physik endgültig von dem Albdruck der Fernkräfte und der Imponderabilien, indem er die Begriffe des elektrischen und des magnetischen Feldes schuf. Dadurch wurde der Begriff der Fernkraft

beseitigt, ohne daß man gegen die Forderung NEWTONS, keine Hypothesen zu fingieren, verstieß. Zugleich zeigte sich, wie JAMES CLERK MAXWELL, der geniale Interpret FARADAYS, zuerst erkannte, die Möglichkeit, auch das Licht als ein elektromagnetisches Feldphänomen, als eine Art elektromagnetischer Wellen zu erklären. Die Versuche von HEINRICH HERTZ im Jahre 1889 bewiesen die Richtigkeit der MAXWELLschen Auffassung. So gewann schließlich das physikalische Weltbild die wunderbare Einheitlichkeit und innere Harmonie, die uns heute mit Staunen und Ehrfurcht erfüllt. Wie sehr lassen dagegen die Vorstellungen, welche die Physik um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert beherrschten, diese Einheitlichkeit vermissen! Um so mehr müssen wir die Leistungen bewundern, die auf Grund eines so unvollkommenen Weltbildes erreicht wurden, und die doch schließlich die Vorbedingungen lieferten, um das neue Weltbild zu gewinnen.